

## ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАБОТЫ ДВИГАТЕЛЯ Д-243 НА СМЕСЯХ РАПСОВОГО МАСЛА И ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА

*Карташевич А.Н., Белоусов В.А., Товстыка В.С., Астапенко И.М., Гурков Г.Н. (БГСХА)*

*По мере истощения запасов нефти и природного газа все больший интерес представляют возобновляемые источники энергии. Данный вопрос особенно актуален для Республики Беларусь которая практически не имеет природных запасов углеводородного топлива и в тоже время является одним из крупнейших производителей дизельных двигателей на постсоветском пространстве. Применительно к самим дизельным двигателям одна из возможных альтернатив – биодизельное топливо. В Беларуси имеется соответствующая программа по развитию производства биодизельного топлива. В связи с этим возникла необходимость всесторонних и глубоких исследований применения биотоплива на основе рапсового масла в системах питания двигателей Минского моторного завода. Необходимые исследования были выполнены в БГСХА на базе кафедры «Тракторы и автомобили». Целью исследований являлось определение влияния биотоплива на основе рапсового масла на мощностные, экономические и экологические показатели работы двигателя Д-243. Полученные результаты исследований выявили закономерности изменения показателей дизеля Д-243 при работе на смесевых видах топлива с различной концентрацией рапсового масла (10, 20, 30, 50%).*

Основу мобильного обеспечения сельскохозяйственного производства Беларуси и стран СНГ составляют тракторы и автомобили. Их двигатели являются одними из основных источников загрязнения окружающей среды и потребления моторных нефтяных топлив. При этом необходимо иметь в виду, что все тракторные и комбайновые двигатели – дизели. Данный тип двигателей по сравнению с бензиновыми является более экологически чистым и имеет повышенную топливную экономичность. Эти показатели, на фоне истощения запасов нефти и постоянного ужесточением экологических требований к выбросам отработавших газов, являются определяющими. Однако в настоящее время усовершенствование конструкции и рабочего цикла двигателя является недостаточным для преодоления проблем связанных с экологией и истощением нефти. Такая ситуация вынудила двигателестроителей разрабатывать новое направление для преодоления сложившихся трудностей. В итоге все чаще стали применять так называемые альтернативные топлива, в частности, топлива, получаемые из растительных масел. Для европейских условий наиболее перспективным считается масло, получаемое из семян рапса. Его использование в дизельных двигателях возможно в четырёх вариантах:

- чистое рапсовое масло (РМ);
- смесь очищенного РМ с дизельным топливом (ДТ);
- метиловый эфир рапсового масла (МЭРМ);
- смесь МЭРМ с ДТ [1].

По сравнению с дизельным топливом рапсовое масло имеет ряд достоинств: оно не токсично и не огнеопасно, не содержит сернистых соединений, является возобновляемым топливом, использование рапсового масла не нарушает баланс двуокиси углерода (парникового газа) в природе. Однако его применение в чистом виде затруднено в силу отличия свойств нефтяного и растительного видов топлива (табл.).

Различие этих свойств обуславливает особенности работы двигателя на ДТ и чистом рапсовом масле. Исследователями данной проблемы отмечается, что показатели рабочего процесса двигателя связаны с особенностями процессов испарения, смесеобразования и сгорания РМ [4]. В работах, посвящённых данной тематике отмечается, что использование чистого РМ требует конструктивных изменений в двигателях, в частности: увеличение проходных сечений топливоподающей аппаратуры, использование добавочных фильтров или более частая их замена, усиление топливоподкачивающего насоса, подогрев масла, установка в камере сгорания модернизированных форсунок [1, 3].

Таблица 1 - Физико-химические свойства РМ и ДТ [2, 3, 4]

Свойства	Ед. изм.	ДТ	РМ	МЭРМ
Плотность при 15 °С	г/см <sup>3</sup>	0,830	0,915	0,885
Кинематическая вязкость при 20 °С	мм <sup>2</sup> /с	4	75	7,7
Температура самовоспламенения	°С	270	320	130
Цетановое число	ед.	36	45	52
Низшая теплота сгорания	МДж/кг	43,6	37,3	37,11
Содержание по весу С:Н:О	%	84:14:0	78:10:12	75:15:11
Температура помутнения	°С	-5	-9	-3
Температура застывания	°С	-10	-18	-12
Стехиометрическое отношение топлива к воздуху	кг/кг	0,069	0,065	–
Содержание серы	%	0,2	0,0012	–

При использовании МЭРМ в качестве топлива для дизеля можно обойтись минимальными вмешательствами в конструкцию двигателя (адаптация некоторых резиновых элементов топливной аппаратуры соприкасающихся с альтернативным топливом). Однако метиловый эфир имеет серьёзные недостатки. Его получают химической обработкой РМ метанолом. Этот процесс не является экологически чистым и плюс ко всему требует дополнительных затрат энергии. В результате прибыль энергии при сжигании МЭРМ будет почти в 2 раза ниже, чем при сжигании РМ [5].

При использовании смесей РМ с дизельным топливом, возможно, избежать изменений в конструкции двигателя и дополнительных затрат энергии на производство топлива. Но сгорание различных концентраций смеси растительного и ископаемого топлива по своим технико-экономическим и экологическим показателям будут отличаться. Поэтому требуется более глубокое исследование влияния смесового топлива на показатели работы двигателя.

Исследователи данной проблемы отмечают, что на работу двигателя влияет как химический состав масла, так и двигатель на котором проходят испытания [6].

Нами были проведены исследования влияния различных концентраций рапсового масла в смеси с дизельным топливом на технико-экономические и экологические показатели работы дизельного двигателя Д-243 Минского моторного завода. Семейство этих двигателей является базовым для наиболее распространённых в Республике Беларусь тракторов «Беларус», поэтому необходимо всестороннее исследование протекания в нём процесса сгорания на данном виде альтернативного топлива.

В процессе исследований регистрировались следующие параметры:

1. Дымность и токсичность ОГ:
  - измеритель дымности СИДА-107;
  - газоанализатор MGT-5.
2. Расходы:
  - дизельного топлива – автоматический расходомер АИР-50;
  - воздуха – стандартная измерительная диафрагма и U-образный манометр.
3. Крутящий момент:
  - нагрузочный генератор постоянного тока RAPIDO.

Испытания проводились на двигателе Д-243, укомплектованного штатной топливной системой без внесения изменений в её регулировки. При исследованиях использовались следующие виды топлив: ДТ, 10% РМ + 90% ДТ, 20% РМ + 80% ДТ, 30% РМ + 70% ДТ, 50% РМ + 50% ДТ. Результаты испытаний были обработаны и представлены в виде зависимостей мощности, удельного расхода топлива, дымности отработавших газов и количества  $\text{NO}_x$ ,  $\text{CO}$  и  $\text{CH}$  в них от частоты вращения коленчатого вала двигателя (рис. 1, 2, 3).

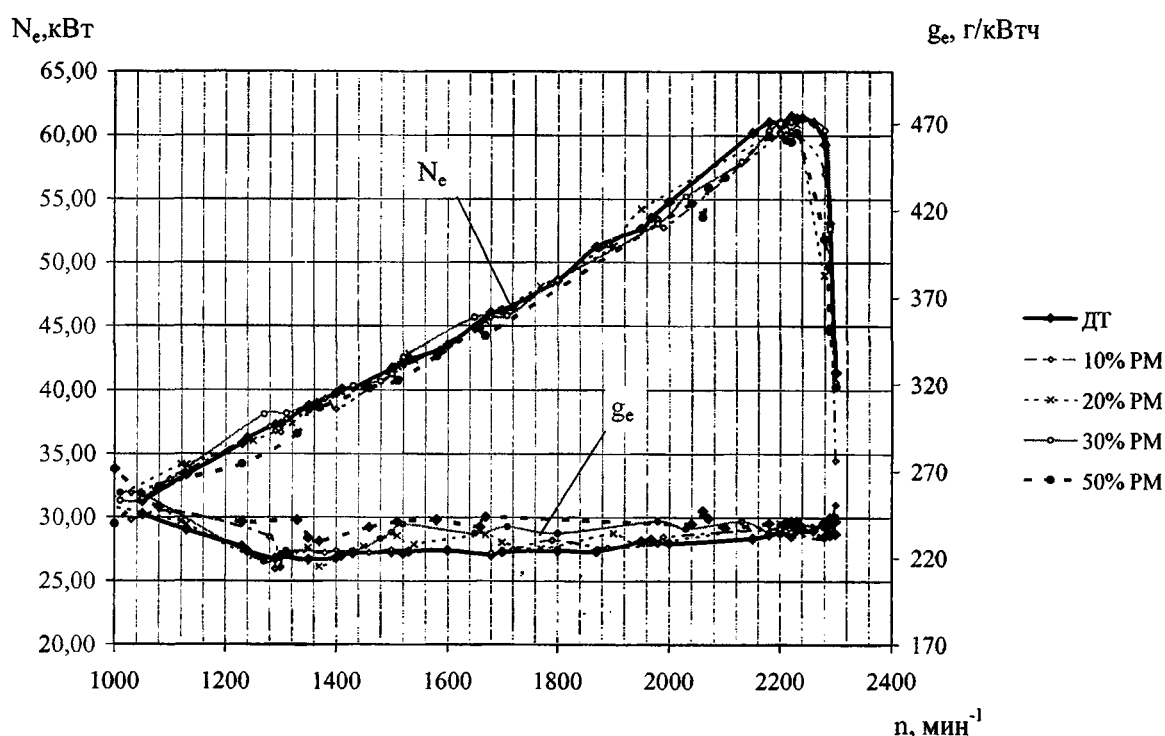


Рисунок 1 - Экспериментальные данные

Полученные экспериментальные данные (рис.1) свидетельствуют о том, что при работе на смесевом топливе, содержащем до 30 % РМ, на всех режимах работы двигателя его мощность практически не изменяется. При использовании в качестве топлива 50 % РМ и 50 % ТД наблюдается незначительное (1...2 %) уменьшение мощности.

На графиках удельного расхода топлива с увеличением концентрации РМ в ДТ наблюдается некоторое увеличение удельного расхода топлива на корректорной ветви характеристики. При практически неизменных значениях мощности данное обстоятельство обусловлено изменением подачи топливного насоса. Это объясняется тем, что с увеличением концентрации РМ в смеси увеличивается вязкость топлива, что уменьшает его потери через неплотности плунжерных пар.

На режиме номинальной частоты вращения удельный расход топлива на всех испытываемых видах топлива практически не изменился.

Уменьшение мощности двигателя и увеличение удельного расхода топлива при его работе на смеси ДТ с РМ можно связать с более низкой теплотой сгорания масла, что обусловлено повышенным содержанием в нём кислорода (на 11 % выше, чем у ДТ). Так же при увеличении концентрации РМ в ДТ увеличивается вязкость смеси, что приводит к ухудшению качества распыливания топлива (увеличивается средний диаметр капель). Данное обстоятельство приводит к увеличению дальнотойности факела и уменьшению угла его конуса. В результате попадания и оседания на стенки камеры сгорания большего, чем у чистого ДТ, количества капель замедляется их испарение и тем самым увеличивается период задержки самовоспламенения, что так же негативно сказывается на рабочем процессе.

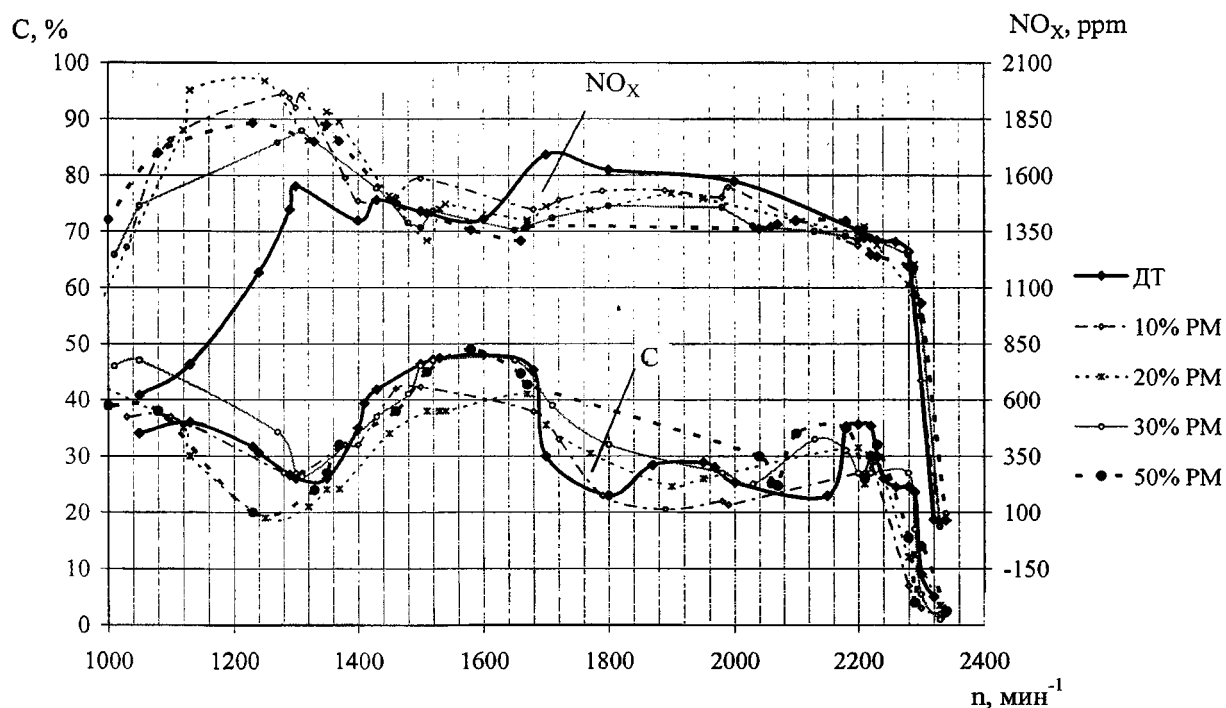


Рисунок 2 - Экспериментальные данные

Полученные экспериментальные данные (рис.2) свидетельствуют о том, что увеличение концентрации РМ в смеси с ДТ до 50 % не влияет на дымность отработавших газов дизельного двигателя практически на всех режимах его работы. Резкое увеличение концентрации  $NO_x$  при использовании смесевых видов топлива наблюдалось при частоте вращения коленчатого вала ниже 1400 мин<sup>-1</sup>. На частотах вращения 1600 – 2200 мин<sup>-1</sup> увеличение концентрации РМ в смеси вызывает уменьшение выбросов  $NO_x$ . На основании общепринятой термической теории образования окиси азота, одним из положений которой является то, что выход  $NO_x$  определяется максимальной температурой горения и не зависит от химической природы топлива (при условии отсутствия в топливе азота) можно выдвинуть предположение, что худшее распыливание и смесеобразование при использовании смесевого топлива приводит к понижению максимальной температуры в камере сгорания.

Данные представленные на рис. 3 свидетельствуют о том, что при добавлении 10 % РМ в ДТ, на частотах вращения коленчатого вала двигателя выше 1300 мин<sup>-1</sup>, произошло уменьшение количества углеводородов в отработавших газах дизеля. Однако при дальнейшем увеличении концентрации масла в смесевом топливе до 50 % наблюдалось повышение СН до уровня выбросов зафиксированных при испытании ДТ. На частоте вращения ниже 1300 мин<sup>-1</sup> выбросы углеводородов при использовании смесевых топлив были выше, чем при использовании ДТ. Уменьшение количества несгоревших углеводородов в отработавших газах дизеля при добавлении РМ связано с тем, что в смесевом топливе увеличилось количество кислорода, что привело к более полному

сгоранию смеси. Но при дальнейшем увеличении концентрации РМ в смеси увеличилась её вязкость, что явилось преобладающим фактором, вследствие чего увеличилось количество топлива оседающего на стенках цилиндра в холодных пристеночных слоях, которые являются основной причиной наличия углеводородов в отработавших газах дизелей.

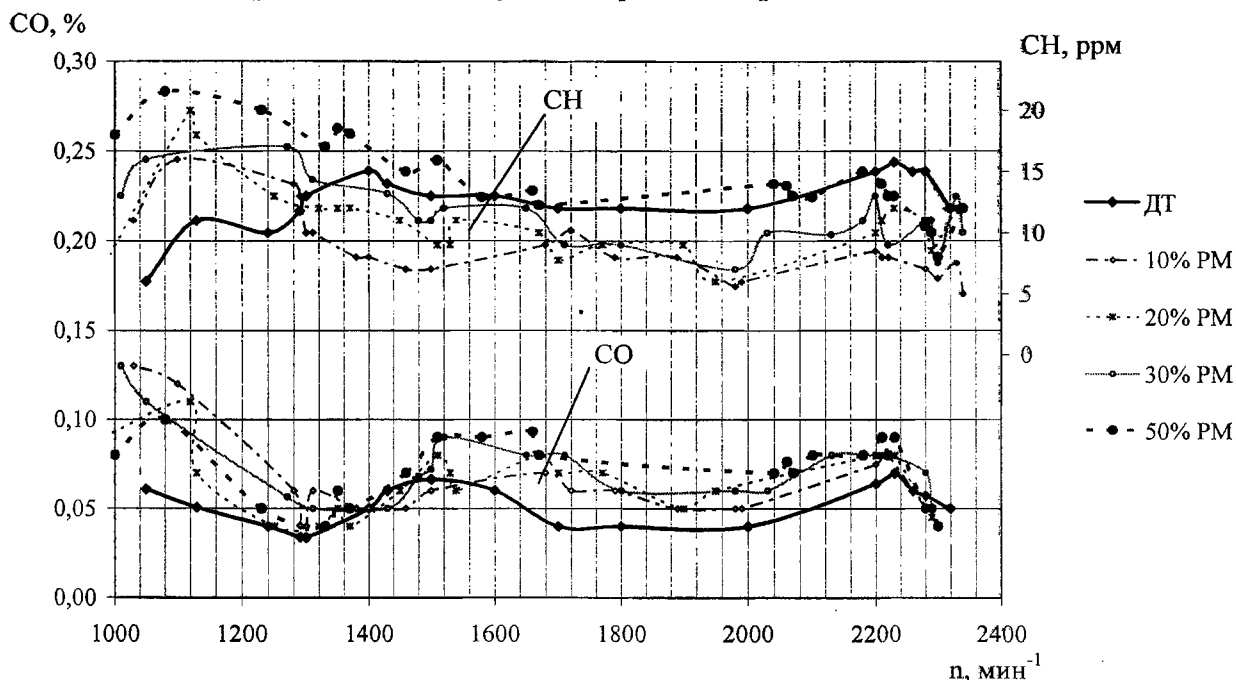


Рисунок 3 - Экспериментальные данные

Выбросы  $\text{CO}$  были выше на смесевых топливах практически на всех режимах работы двигателя. Это обусловлено худшим смесеобразованием при увеличении концентрации РМ в ДТ, так как увеличивается вязкость смеси, что приводит к ухудшению качества распыливания топлива. В результате на стенках камеры сгорания оседает большее количество капель, чем при сжигании ДТ, что замедляется их испарение. А пристеночные зоны, как известно богаты  $\text{CO}$ . Это приводит к увеличению содержания окиси углерода в ОГ из-за недогорания частиц топлива в цилиндре двигателя.

### Заключение

Проведённые исследования позволяют сделать выводы о том, что в дизельных двигателях со штатной топливной системой без внесения изменений в её регулировки, возможно, использовать смесевые топлива содержащих до 50 % РМ и это незначительно повлияет на мощностные показатели работы двигателя. При этом наблюдается увеличение удельного расхода топлива. Экологические показатели изменяются разнонаправленно и зависят от режима работы двигателя. Наблюдается уменьшение выбросов  $\text{NO}_x$  и  $\text{CH}$  на основных режимах работы двигателя. Выбросы  $\text{CO}$  увеличивались по мере роста концентрации РМ в смеси. Дымность практически не изменяется.

### Литература

1. Карташевич, А.Н. Возобновляемые источники энергии: науч.-практ. пособие / А.Н. Карташевич, В.С. Товстыка. Горки: БГСХ, 2007. 264 с.
2. Пабло Вальехо Применение раздельной подачи топлива растительного происхождения в малоразмерный дизель с целью улучшения его экологических показателей: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.04.02. / Пабло Вальехо М.: ВИМ, 2000.
3. Белов, В.М. Применение в дизелях топлива растительного происхождения / В.М. Белов, С.Н. Девянин, О.Н. Слепцов // Вести Моск. гос. агроинженер. ун-та. 2003. Вып.4. С. 15 – 21.

**Секция 1: Сельскохозяйственные машины и тракторы:  
расчет, проектирование и производство**

---

4. Гусаков, С. Особенности применения чистого рапсового масла в качестве топлива в малоразмерных высокооборотных дизелях / С. Гусаков, Пабло Вальехо // Автогазозаправочный комплекс + альтернативное топливо. 2006. № 4. С. 58 – 62.
5. Натуральное рапсовое масло – горючее для дизельных моторов, блочных ТЭЦ и котельных. Опыт федеральных земель Германии. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.meganet.md/its/ru/reg/biotoplivo.html> – Дата доступа: 21.02. 2007.
6. Использование растительных масел в качестве альтернативного топлива за рубежом: Система ДОР. М., 1991. 10 с.
7. Лиханов, В.А. Снижение токсичности автотракторных дизелей / В.А. Лиханов, А.М. Сайкин. М.: Агропромиздат, 1991. 208 с.